

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-271138

(43)Date of publication of application : 02.10.2001

(51)Int.Cl.

C22C 38/00
C22C 38/58

(21)Application number : 2000-087232

(71)Applicant : NIPPON STEEL CORP

(22)Date of filing : 27.03.2000

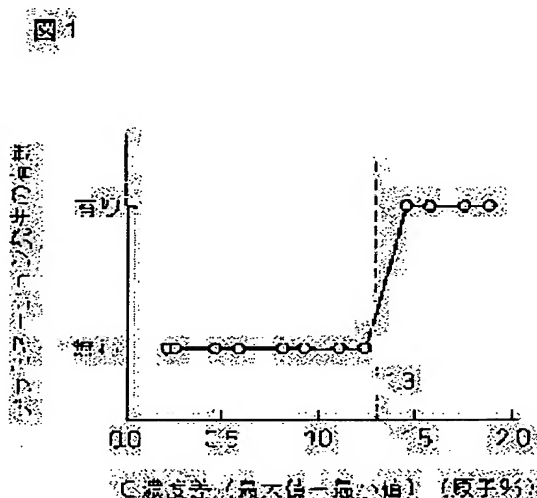
(72)Inventor : TARUI TOSHIZO
MARUYAMA NAOKI

(54) HIGH STRENGTH AND HIGH CARBON STEEL WIRE EXCELLENT IN DUCTILITY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a high strength and high carbon steel wire in which delamination is prevented and excellent in ductility.

SOLUTION: In this high strength and high carbon steel wire excellent in ductility, the steel wire having a composition containing, by mass, 0.8 to 1.1% C, 0.1 to 2% Si and 0.2 to 2% Mn or further containing one or more kinds of metals selected from 0.05 to 2% Cr, 0.1 to 1% Ni, 0.01 to 0.5% V, 0.005 to 0.1% Al, 0.002 to 0.1% Ti and 0.002 to 0.1% Nb, and the rest composed of Fe with inevitable impurities has a wire-drawn pearlitic structure, and has the difference of ≤ 1.3 atomic % between the maximum value and minimum value in the concentration of C in ferrite.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-271138

(P2001-271138A)

(43) 公開日 平成13年10月2日 (2001.10.2)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト (参考)
C 2 2 C 38/00	3 0 1	C 2 2 C 38/00	3 0 1 Y
38/58		38/58	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2000-87232 (P2000-87232)

(22) 出願日 平成12年3月27日 (2000.3.27)

(71) 出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町 2 丁目 6 番 3 号

(72) 発明者 樽井 敏三

千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式会社技術開発本部内

(72) 発明者 丸山 直紀

東京都千代田区大手町 2-6-3 新日本製鐵株式会社内

(74) 代理人 100077517

弁理士 石田 敬 (外 2 名)

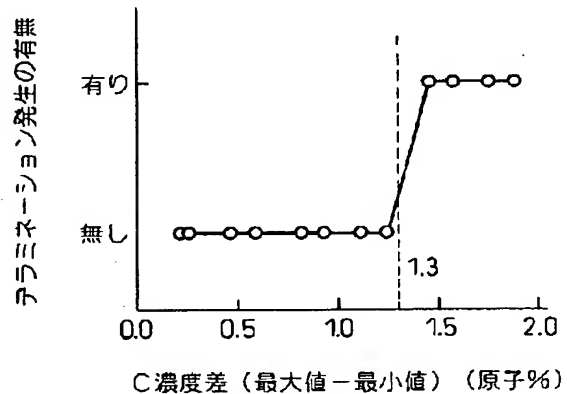
(54) 【発明の名称】 延性の優れた高強度高炭素鋼線

(57) 【要約】

【課題】 デラミネーションの発生を防止し、延性の優れた高強度高炭素鋼線を提供する。

【解決手段】 質量%で、C : 0.8 ~ 1.1 %、Si : 0.1 ~ 2 %、Mn : 0.2 ~ 2 % を含有するか、あるいは更に Cr : 0.05 ~ 2 %、Ni : 0.1 ~ 1 %、V : 0.01 ~ 0.5 %、Al : 0.005 ~ 0.1 %、Ti : 0.002 ~ 0.1 %、Nb : 0.002 ~ 0.1 % の 1 種または 2 種以上を含むとともに残部は Fe 及び不可避免的不純物からなる鋼線において、伸線加工されたパーライト組織を有し、かつフェライト中の C 濃度の最大値と最小値の差が 1.3 原子%以下であることを特徴とする延性の優れた高強度高炭素鋼線。

図 1



(2)

特開 2001-271138

2

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 質量%で、C : 0.8 ~ 1.1 %、Si : 0.1 ~ 2 %、Mn : 0.2 ~ 2 %、を含有し残部は Fe および不可避免の不純物からなる鋼線において、伸線加工されたパーライト組織を有し、かつフェライト中の C 濃度の最大値と最小値の差が 1.3 原子%以下であることを特徴とする延性の優れた高強度高炭素鋼線。

【請求項 2】 質量%で、Cr : 0.05 ~ 2 %、Ni : 0.1 ~ 1 %、V : 0.01 ~ 0.5 % の 1 種または 2 種以上を含有することを特徴とする請求項 1 記載の延性の優れた高強度高炭素鋼線。

【請求項 3】 質量%で、Al : 0.005 ~ 0.1 %、Ti : 0.002 ~ 0.1 %、Nb : 0.002 ~ 0.1 % の 1 種または 2 種以上を含有することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の延性の優れた高強度高炭素鋼線。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、PC 鋼線、ばね用鋼線、橋梁用鋼線、送電線の補強用鋼線 (ACSR)、あるいは海底光ファイバケーブル補強用の鋼線等に広く使用されている高強度の高炭素鋼線に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 パーライト組織を有する高炭素鋼線材を伸線加工によって強化した高炭素鋼線は、軽量化あるいは工事期間の短縮のために高強度化のニーズが強まっている。PC 鋼線、橋梁用鋼線等の高炭素鋼線は、高炭素鋼線材をパテンティング処理後、冷間で伸線加工を行い、最終的にブルーイング処理を施すか、あるいは耐食性を確保するために溶融 Zn めっき、溶融 Zn-Al めっきなどを行う行程で製造されている。高炭素鋼線の高強度化を達成する上での最大の課題は、鋼線の延性、特に延性の評価方法の一つであるねじり試験において鋼線の長手方向に生じる割れの発生 (デラミネーション) を抑制する技術にある。

【0003】 デラミネーションを抑制する従来の知見として、WIRE JOURNAL INTERNATIONAL (VOLUME 16, No. 4, 1983) の 50 頁には、鋼線の組織形態であるパーライト組織のラメラ間隔を適正な大きさに制御することによって亜鉛めっき鋼線のねじり試験におけるデラミネーションを抑制できることが記載されている。また、延性低下の防止あるいはデラミネーションを抑制する技術として、特開平 7-179994 号公報にはパテンティング処理後のパーライトノジュールサイズを規制する技術が、特開平 7-292443 号公報には Si と Al 添加量を規制する技術が、特開平 8-53737 号公報には溶融めっき鋼線の表層硬度を制御する技術が、特開平 8-120407 号公報にはセメンタイトの平均粒径を規制する技術が、特開平 9-87803 号公報には固溶 N 量を規制する技術がそれぞれ提案されている。

【0004】 しかし、本発明者らの詳細な研究によれば、これらの技術では、例えば高強度の亜鉛めっき鋼線

において、線径が 7mm で引張強さ 1900MPa 以上、線径が 5mm で 2100MPa 以上、線径が 3mm で 2300MPa 以上の延性の優れた高強度高炭素鋼線を実現することは困難であった。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は上記の如き実状に鑑みなされたものであって、PC 鋼線、ばね用鋼線、橋梁用鋼線、送電線の補強用あるいは海底光ファイバケーブル補強用等に使用される高強度の高炭素鋼線において、ねじり試験時に発生するデラミネーションの発生を抑制し、延性の優れた高炭素鋼線を提供することを目的とするものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明者らは高炭素鋼線の高強度化の阻害要因である延性の支配要因について種々解析した結果、伸線加工中に生じる不均一なセメンタイト分解が延性に対して著しく影響することを見出した。即ち、伸線加工歪みの増加とともにセメンタイトが分解しフェライト中の C 濃度は増加していくが、このセメンタイト分解が場所によって不均一に生じるために C 濃度が不均一となり、この結果、高強度の高炭素鋼線の延性が低下すると言った全く新たな事実を見出した。更に、不均一なセメンタイト分解は、リラクセーション特性、疲労特性を劣化させることも初めて明らかにした。

【0007】 以上の新知見に基づき、強加工したパーライト組織におけるフェライト中の最大と最小の C 濃度差を低減すれば、高強度高炭素鋼線のデラミネーションの発生を防止することが出来るとともにリラクセーション特性、疲労強度も向上させることが可能であるとの結論に達し本発明をなしたものである。本発明は以上の知見に基づいてなされたものであって、その要旨とするところは、(1) 質量%で、C : 0.8 ~ 1.1 %、Si : 0.1 ~ 2 %、Mn : 0.2 ~ 2 % を含有し残部は Fe および不可避免の不純物からなる鋼線において、伸線加工されたパーライト組織を有し、かつフェライト中の C 濃度の最大値と最小値の差が 1.3 原子%以下であることを特徴とする延性の優れた高強度高炭素鋼線、(2) 質量%で、Cr : 0.05 ~ 2 %、Ni : 0.1 ~ 1 % 及び V : 0.01 ~ 0.5 % の 1 種または 2 種以上を含有することを特徴とする (1) 記載の延性の優れた高強度高炭素鋼線、(3) 質量%で、Al : 0.005 ~ 0.1 %、Ti : 0.002 ~ 0.1 % 及び Nb : 0.002 ~ 0.1 % の 1 種または 2 種以上を含有することを特徴とする (1) または (2) 記載の延性の優れた高強度高炭素鋼線、にある。

【0008】 ここで、伸線加工されたパーライト組織とは、パテンティング処理でパーライト組織にした後に真歪みで 0.9 以上の伸線加工を行った組織と定義する。

【0009】

【発明の実施の形態】 以下に本発明を詳細に説明する。まず本発明における高強度高炭素鋼線とは、引張強さが

(3)

特開 2001-271138

3

線径あるいはブルーイング、溶融めっきの種類によって異なるが、ZnめっきやZn-Mgめっきの場合において、線径が7mm前後で引張強さが1900MPa以上、線径が5mm前後で2100MPa以上、線径が3mm前後で2300MPa以上の引張強さを有する高炭素鋼線であることを意味している。

【0010】以下に、本発明の対象とする鋼の成分の限定理由について述べる。

C: Cはパテンティング処理後の引張強さの増加および伸線加工硬化率を高める効果があり、より少ない伸線加工歪で鋼線の引張強さを高めることができる。0.8%未満では合金元素を添加してもパテンティング処理後の引張強さが低く、また伸線加工硬化率も小さいため高強度の高炭素鋼線を得ることが困難となる。一方、1.1%を越えるとパテンティング処理時に初析セメンタイトがオーステナイト粒界に析出して伸線加工性が劣化し伸線加工工程で断線が発生しやすくなるため0.8~1.1%の範囲に限定した。

【0011】Si: Siはパーライト中のフェライトを強化させるためと鋼の脱酸のために有効であり、更に溶融めっきあるいはブルーイングを行う際の強度低下の抑制に極めて有効な元素である。0.1%未満では上記の効果が期待できず、一方、2%を越えると熱間圧延工程で表面脱炭が発生しやすくなるため、0.1~2%の範囲に限定した。

【0012】Mn: Mnは脱酸、脱硫のために必要であるばかりでなく、鋼の焼入性を向上させパテンティング処理後の引張強さを高めるために有効な元素であるが、0.2%未満では上記の効果が得られず、一方、2%を越えると上記の効果が飽和しさらにパテンティング処理時のパーライト変態を完了させるための処理時間が長くなりすぎて生産性が低下するため、0.2~2%の範囲に限定した。

【0013】以上が基本成分であるが、本発明ではパテンティング処理後の強度を高めるためにCr、Ni、Vの1種または2種以上、またパテンティング処理時のオーステナイト粒の細粒化を図るためにAl、Ti、Nbの1種または2種以上を含有することができる。

Cr: Crはパーライトのラメラ間隔を微細化しパテンティング処理後の引張強さを高めるとともに伸線加工硬化率を向上させる有効な元素であるが、0.05%未満では前記作用の効果が少なく、一方、2%を越えるとパテンティング処理時のパーライト変態終了時間が長くなり生産性が低下するため、0.05~2%の範囲に限定した。

【0014】Ni: Niはパテンティング処理時のラメラ間隔を微細化し、パテンティング処理後の強度を高めるとともに変態生成するパーライトを伸線加工性の良好なものにする作用を有するが、0.1%未満では上記の効果が得られず、1%を越えても添加量に見合うだけの効果が少ないためこれを上限とした。

4

V: Vはパーライトのセメンタイト間隔を微細化しパテンティング処理後の引張強さを高める効果があるが、この効果は0.01%未満では不十分であり、一方、0.5%を越えると効果が飽和するため0.01~0.5%の範囲に制限した。

【0015】Al: Alは脱酸のためと窒化物を形成することによりパテンティング処理時のオーステナイト結晶粒の粗大化を防止させるのに有効である。Alの添加量が0.005%未満では上記作用が十分でないため下限を0.005%に限定した。一方、0.1%を越えて添加しても効果が飽和するため、上限を0.1%に制限した。

Ti: Tiは脱酸およびパテンティング熱処理において炭窒化物を形成することにより結晶粒の粗大化を防止する効果を有しているが、0.002%未満ではこれらの効果が発揮されず、0.1%を越えて添加しても効果が飽和するため0.002~0.1%の範囲に限定した。

【0016】Nb: NbはTiと同様に炭窒化物を生成することにより結晶粒を微細化させるために有効な元素であるが、0.002%未満ではその効果が不十分であり、一方、0.1%を越えるとこの効果が飽和するため0.002~0.1%に制限した。他の元素は特に限定しないが、P: 0.02%以下、S: 0.02%以下、N: 0.007%以下が望ましい範囲である。

【0017】次に、本発明で目的とする高延性で且つ高強度の高炭素鋼線を実現する上で極めて重要となる強加工したパーライト組織におけるフェライト中のC濃度差の限定理由について述べる。本発明では鋼線の延性をねじり試験を用いて、デラミネーション発生の有無で評価している。ここで、デラミネーションが発生する鋼線は延性が低いことを意味している。図1は種々の条件で伸線加工を行った後、ブルーイング処理を施した線径が5mmの高炭素鋼線におけるフェライト中の最大と最小のC濃度差とデラミネーション発生の有無の関係について解析した一例である。高炭素鋼線の引張強さは、鋼の化学成分、伸線加工歪みおよび伸線加工方法を変化させることによって、2200MPa前後に調整したものである。同図から明らかなように、強加工を受けたパーライト組織におけるフェライト中のC濃度差が1.3原子%を越えるとデラミネーションが発生することがわかる。また、高炭素鋼線の線径、強度を種々に変化させた場合についても全く同様の結果が得られた。従って、フェライト中の最大と最小のC濃度差を1.3原子%以下に制限した。ねじり試験におけるねじり回数を高める点で、好ましいC濃度差は1.0原子%以下である。なお、C濃度差の下限は0原子%でも本発明の効果をj得ることができる。

【0018】上記のようにセメンタイト分解の不均一性に起因して生じるフェライト中のC濃度の不均一性は、延性指標であるデラミネーション発生特性に対して大きく影響する。この原因は以下のように考えられる。セメンタイトが分解することにより生じた固溶Cは、伸線加

(4)

特開 2001-271138

5

工によって生じたフェライト中の高密度の転位に偏析し、転位を固着していると考えられる。フェライト中の C 濃度が場所によって異なることは、C による転位固着強化量が場所によって異なり、ミクロ的な強度の不均一性が起きていることを意味している。C 濃度差が大きな鋼線にねじり試験すると、強度の低い領域、即ち C 濃度の低い領域にねじり変形が集中するために亀裂が発生し、デラミネーションが起きるものと考えている。これに対して、C 濃度差が小さければ、強度が均一であるために、ねじり変形は一様になりデラミネーションは発生しなくなる。

【0019】また、高強度の高炭素鋼線の疲労強度は、通常の焼入れ焼戻し材に比べて低いが、C 濃度差を 1.3 原子%以下に制御すると疲労特性が向上する効果も有している。これは、ねじり変形と同様に、フェライト中の C 濃度の均一化されると、疲労による変形が一様になり、高炭素鋼線の高強度下に対応した疲労強度の増加が得られるためである。更に、C 濃度差を低減させるとリラクセーション特性も向上させることが可能となる。

【0020】フェライト中の C 濃度は、アトムプローブ電界イオン顕微鏡を用いれば、簡単に且つ正確に測定することができる。本発明において、フェライト中の C 濃度 X は、アトムプローブ電界イオン顕微鏡による分析から、全検出イオン数を Y (total)、C の検出イオン数を Y (carbon) とした時に、下式により求めた。

$$X = [Y(\text{carbon}) / Y(\text{total})] \times 100 \quad (\text{原子}\%)$$
 また、フェライト中の C 濃度の最大値と最小値は、同一の鋼線から採取した 10 本以上の試料を用いて、フェライト領域の C 分析を行い求めた。

【0021】次に、強加工された極細鋼線のパーライト組織におけるフェライト中の C 濃度差を 1.3 原子%以下に制御するために、最終パテンティング処理以降の製造工程で下記の A~J の製造方法を採用することができ、それぞれ単独ではなく、組み合わせることが重要である。C 濃度差が 1.3 原子%以下の極細鋼線を製造するためには、A~K の内、4 種類以上、好ましくは 5 種類以上の方法を組み合わせることが良い。

【0022】A：鋼の化学成分と最終パテンティング処理条件を最適化することにより、パテンティング材強度を 1400MPa 以上にする。パテンティング処理は、ペイナイトが生成しない温度で行うことが重要であり、550℃~600℃で行うことが好ましい条件である。

B：アプローチ角度が 8~12°、ベアリング長さが 0.2~0.5 D (D：ダイス径) であるダイスを用いて伸線加工を行う。

【0023】C：少なくとも最終ダイスは、超硬ダイスではなく、ダイヤモンドダイスを使用する。

D：伸線による加工発熱を抑える。好ましくは、伸線材の温度を 50℃以下に制御して伸線加工を行う。

E：潤滑能力の高い潤滑剤を使用する。好ましくは、ダ

6

イスと伸線材の摩擦係数が 0.1 以下の潤滑剤を使用する。

【0024】F：伸線加工において、真歪みが 0.5 までの伸線加工の初期は、1 ダイス当たりの減面率を 20%~40%にする。

G：最終ダイスの減面率を 10%以下にする。

H：伸線加工中に矯正加工を行う工程を 1 回以上入れる。

I：伸線加工後、矯正加工を施し、その後ブルーイングまたは溶融めつきを行う。

【0025】J：伸線加工後に溶融めつきを行う場合は、溶融めつき前に 450~600℃で 1~60 秒間の加熱を行う。

K：伸線加工後に溶融めつきを行う場合は、溶融めつき前に矯正加工を施し、更に 450~600℃で 1~60 秒間の加熱を行う。

【0026】

【実施例】以下、実施例により本発明の効果をさらに具体的に説明する。表 1 に供試材の化学組成を示す。これらの供試材を用いて線径が 2.4~8mm の高炭素鋼線を試作し、その後、ブルーイングまたは溶融亜鉛めつきを施した。表 2 に高炭素鋼線の製造条件および引張強さ、フェライト中の最大と最小の C 濃度および C 濃度差、ねじり試験におけるデラミネーション発生の有無、疲労強度、リラクセーション値を示す。同表において、その他の伸線条件の記号である B~K は前述した内容である。伸線後のブルーイング処理は高周波加熱で 350~500℃の条件で行い、また溶融亜鉛めつきは 450℃の条件で行い、亜鉛めつき厚みが約 50μm になるように調整した。ねじり試験は、試験片の両端を線径の 50 倍のつかみの間隔で固定した条件で行った。疲労強度は、最小応力が引張強さの 30%である部分片振り引張疲労試験で求めた。ここで 107 サイクルで疲労破断しない最大応力と最小応力の差を疲労強度とした。リラクセーション試験は、20℃で試験片に引張荷重の最小値の 70%に相当する荷重(載荷荷重)をかけ、その荷重を 120 秒維持した後、100 時間つかみ間隔をそのまま保持して荷重の減少を測定した。元の載荷荷重に対するその減少した荷重の百分率をリラクセーション値とした。

【0027】表 2 において、試験 No. 1~21 が本発明例であり、表 3 において試験 No. 22~37 は比較例である。本発明例、比較例とも全て伸線加工されたパーライト組織を有していた。表 2 に見られるように、本発明例はいずれも線径に応じた高強度化が達成されているとともにフェライト中の C 濃度差が 1.3 原子%以下に制御されている。この結果、高強度であるにもかかわらず、ねじり試験においてデラミネーションの発生が無く高延性の鋼線が実現できている。更に、疲労強度、リラクセーション値も比較例に比べて良好となっている。

【0028】これに対して表 3 に見られるように比較例

Best Available Copy

(5)

特開2001-271138

7

であるNo. 34、35は、いずれも鋼の化学成分が不適切な例である。即ち、No. 34は、C含有量が高すぎるためにパテンティング処理時に初析セメントが析出した例である。この結果、伸線加工性が劣化し、伸線加工時に断線が発生したものである。No. 35はC量が0.71%と低いために目的とする高強度鋼線が達成できていない例である。

8

*【0029】また、比較例であるNo. 22~33、36、37は、いずれの高炭素鋼線もフェライト中のC濃度差が1.3原子%を越えているため、デラミネーションが発生した例である。更に、疲労強度、リラクセーション値も本発明例に比べ劣っていた。

【0030】

*

【表1】

表1 (質量%)

鋼種	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	V	Al	Ti	Nb	N
A	0.97	1.19	0.71	0.006	0.007	—	—	—	—	—	—	0.0033
B	0.92	1.24	0.38	0.008	0.008	—	—	—	0.031	—	—	0.0039
C	0.98	1.20	0.32	0.007	0.006	0.18	—	—	0.024	—	—	0.0042
D	1.08	0.24	0.74	0.009	0.009	—	—	—	—	—	—	0.0039
E	0.96	0.98	0.31	0.008	0.006	0.24	—	0.14	0.044	—	—	0.0034
F	0.83	1.55	0.48	0.008	0.007	0.59	0.29	0.11	0.036	—	0.014	0.0035
G	0.92	1.08	0.40	0.005	0.008	0.32	—	—	0.019	0.013	—	0.0024
H	1.02	0.30	0.33	0.006	0.004	0.23	—	—	—	—	—	0.0038
I	0.88	0.83	1.51	0.008	0.012	—	—	0.18	0.044	—	—	0.0040
J	0.95	0.24	0.49	0.010	0.006	—	0.42	—	—	0.017	—	0.0042
K	1.05	0.57	0.39	0.009	0.007	0.21	—	—	—	—	0.018	0.0034
L	1.00	0.98	0.29	0.008	0.007	0.17	—	—	0.026	—	—	0.0035
M	1.22	1.45	0.53	0.010	0.006	—	—	—	0.030	—	—	0.0039
N	0.71	0.24	0.76	0.008	0.005	—	—	—	0.022	—	—	0.0028
O	0.94	1.17	0.34	0.007	0.009	0.28	—	—	0.033	—	—	0.0040
P	0.96	1.05	0.70	0.008	0.010	0.20	—	—	0.036	—	—	0.0033

【0031】

【表2】

試験No.	鋼種	所定引張材の強度MPa	伸線加工率%	その他の伸線条件	最終処理	線径mm	引張強さMPa	C濃度の最大値原子%	C濃度の最小値原子%	C濃度の差原子%	デラミネーションの有無	疲労強度MPa	リラクセーション値%
1	A	1521	1.95	B, C, E, F, G	溶融めっき	5.0	2223	0.86	0.13	0.73	無し	625	1.9
2	A	1503	1.24	D, E, G	ブルーイング	7.0	1941	1.41	0.30	1.11	無し	605	1.5
3	B	1498	1.38	B, E, F, G, J	溶融めっき	7.0	1945	0.75	0.59	0.16	無し	535	2.3
4	B	1505	2.20	B, C, F, G, H	ブルーイング	2.9	2343	2.03	1.27	0.76	無し	730	1.6
5	C	1547	1.95	B, D, F, G, I	ブルーイング	5.0	2302	1.84	1.38	0.46	無し	715	1.5
6	C	1569	2.20	C, D, F, G, I	溶融めっき	2.5	2405	1.54	0.79	0.75	無し	670	2.2
7	D	1572	1.98	B, D, E, G, H, J	溶融めっき	5.0	2247	1.20	0.38	0.82	無し	625	2.4
8	E	1578	1.27	C, D, F, G, K	溶融めっき	7.0	2025	0.76	0.02	0.74	無し	560	2.0
9	E	1564	0.97	B, E, F, G, I	ブルーイング	8.0	2017	1.25	0.97	0.28	無し	625	1.4
10	F	1498	1.85	B, D, E, F, G, H	ブルーイング	3.0	2366	1.81	1.22	0.59	無し	740	1.1
11	G	1524	2.30	C, D, E, F, H, I	ブルーイング	2.9	2465	1.96	1.10	0.86	無し	770	1.3
12	G	1530	2.35	B, E, G, K	溶融めっき	2.5	2397	0.97	0.13	0.84	無し	680	2.1
13	H	1542	1.95	B, D, E, F, G, J	溶融めっき	5.0	2176	0.72	0.51	0.21	無し	605	2.1
14	I	1516	2.28	D, E, F, G, H, I	ブルーイング	3.0	2334	1.78	1.15	0.63	無し	710	1.4
15	J	1463	2.04	B, E, F, G, I	ブルーイング	5.0	2151	1.65	1.39	0.26	無し	670	1.7
16	K	1565	1.35	B, D, F, G, I	溶融めっき	7.0	2077	0.74	0.07	0.67	無し	570	1.2
17	L	1542	2.03	B, D, F, G, H, I	溶融めっき	5.0	2266	0.83	0.04	0.79	無し	625	2.3
18	L	1537	1.36	B, D, F, I	ブルーイング	7.0	2060	1.43	0.72	0.71	無し	635	1.3
19	O	1518	1.34	B, D, E, G, K	溶融めっき	7.0	1923	0.92	0.64	0.28	無し	530	2.1
20	O	1501	2.04	B, C, D, G, J	ブルーイング	5.0	2347	1.42	0.77	0.65	無し	740	1.2
21	P	1568	2.31	B, D, E, F, G	溶融めっき	3.0	2351	1.16	0.23	0.93	無し	660	2.2

【0032】

【表3】

	試験 No.	鋼 種	引張強 度 MPa	伸張加 工 歪 み	その他の伸張条件	最終処理	線径 mm	引張 強さ MPa	C濃度 の最大 値原子 %	C濃度 の最小 値原子 %	C濃度 差原子 %	デラミネー ション発生 の有無	疲労 強度 MPa	デラミ ネーシ ョン 値 %
比較 例	22	A	1521	1.95	B, G	溶融めっき	5.0	2265	1.50	0.05	1.45	有り	570	3.1
	23	B	1505	2.20	B	ブルーイング	2.9	2362	1.81	0.17	1.64	有り	655	2.0
	24	C	1569	2.20	B, I	溶融めっき	2.5	2417	1.59	0.09	1.50	有り	630	2.8
	25	D	1572	1.98	B, J	溶融めっき	5.0	2236	1.60	0.03	1.57	有り	565	3.2
	26	E	1578	1.27	B, K	溶融めっき	7.0	2034	1.69	0.11	1.58	有り	515	3.6
	27	F	1498	1.85	C, I	ブルーイング	3.0	2379	1.84	0.24	1.60	有り	670	2.1
	28	G	1524	2.30	B, F	ブルーイング	2.9	2490	2.19	0.31	1.88	有り	605	2.3
	29	H	1542	1.95	B, F	溶融めっき	5.0	2153	1.79	0.09	1.70	有り	540	3.9
	30	I	1516	2.28	I	ブルーイング	3.0	2339	1.98	0.27	1.71	有り	660	2.4
	31	J	1463	2.04	B, E	ブルーイング	5.0	2176	1.70	0.17	1.53	有り	590	2.2
	32	K	1565	1.35	F, K	溶融めっき	7.0	2042	1.87	0.08	1.79	有り	510	2.9
	33	L	1542	2.03	E, J	溶融めっき	5.0	2225	1.79	0.04	1.75	有り	555	3.3
	34	M	1580	2.30	B	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	35	N	1201	1.95	B, G	溶融めっき	5.0	1642	0.89	0.06	0.83	無し	430	3.7
	36	O	1501	2.04	D, G	ブルーイング	5.0	2326	1.97	0.23	1.74	有り	645	2.5
	37	P	1568	2.31	B, H	溶融めっき	3.0	2339	1.85	0.19	1.66	有り	610	3.4

【0033】

【発明の効果】以上の実施例からも明かなように、本発明は高強度高炭素鋼線における延性低下（デラミネーション発生）に対して、フェライト中の最大C濃度と最小C濃度のC濃度差を低減することが極めて有効であることを見出すとともに、疲労及びリラクセーションも向上することを明らかにし、高延性で且つ高強度の高炭素鋼

線を実現したものであり、産業上の効果は極めて顕著なものがある。

【図面の簡単な説明】

【図1】高炭素鋼線のフェライト中のC濃度差（最大と最小の差）とデラミネーション発生の有無の関係について解析した一例である。

【図1】

図1

